

Interfacial and Composition Engineering for All-inorganic Solar Cells Consisting of CsPbI₂Br and AgBiI₄ as Light Harvesting Layer

著者	Yu Fengyang
発行年	2021-09-24
その他のタイトル	CsPbI ₂ Br及びAgBiI ₄ を光吸収層とする全無機太陽電池の界面及び組成のエンジニアリング
学位授与番号	17104甲生工第411号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00008577

氏 名	YU FENGYANG (中国)
学位の種類	博 士 (工学)
学位記番号	生工博甲第 4 1 1 号
学位授与の日付	令和 3 年 9 月 2 4 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Interfacial and Composition Engineering for All-inorganic Solar Cells Consisting of CsPbI ₂ Br and AgBiI ₄ as Light Harvesting Layer (CsPbI ₂ Br 及び AgBiI ₄ を光吸収層とする全無機太陽電池の界面及び組成のエンジニアリング)
論文審査委員会	委員長 准教授 パンディ シャム スディル 教 授 宮 崎 敏 樹 " 飯久保 智 " 馬 廷 麗 " 早 瀬 修 二

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

ペロブスカイト太陽電池(PSC)は高い効率を実現できるだけでなく低コストで製造できるため、次世代太陽電池として近年特に注目を集めている。10 年間でその効率は 3.8%から 25.5%に上昇した。しかし、ペロブスカイト太陽電池の実用化には安定性、および鉛イオンを含む有害性に関する課題が残っていた。本論文では安定性向上を阻害してきた有機物を含まない全無機ペロブスカイトの材料組成、太陽電池構成の最適化、およびヘテロインターフェースパッシベーションを行うことによって、デバイスの安定性向上、効率の向上、および鉛フリー化の指針を提案している。

第 1 章では、太陽光発電技術の発展の歴史と太陽電池の分類について紹介している。また PSC の構造、動作原理、先行研究について説明している。更に鉛フリー太陽電池及び Ag-Bi-I を含む太陽電池を紹介し、その課題及び本論文の目的を説明している。

第 2 章では、炭素電極を有する CsPbI₂Br 太陽電池の製造について説明している。CsPbI₂Br ペロブスカイトにイミダゾリウム系イオン液体、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム テトラフルオロボレート(BMIMBF₄)を添加したところ、ペロブスカイト層の結晶性とデバイスの性能が向上したことを報告している。SEM および XRD の測定結果からイオン液体がペロブスカイトの結晶核の生成に影響を及ぼし、より大きな粒子サイズが得られたことが報告されている。さらに BMIMBF₄ を添加することによりペロブスカイト層とカーボン電極の間のエネルギー障壁が減少し、PSC の性能が向上することを報告している。

第3章では、電荷の再結合を減らすために、 CsPbI_2Br 層の表面をイオン液体 BMIMBF_4 でパッシベーションする方法を議論している。欠陥密度を低減し非放射電荷再結合を抑制することにより 14% という高い効率を得ている。また BMIMBF_4 パッシベーションが CsPbI_2Br 相を安定化したことも示されている。

第4章では、環境に優しい鉛フリーの光吸収材料を探索するために AgBiI_4 太陽電池についての研究に取り込んでいる。 Cs^+ イオンのドーピングにより、 AgBiI_4 膜の欠陥密度が低減し、これによりデバイスの性能が改善され、かつ長期安定性が向上したことを報告している。

第5章では、結論と展望を記述している。本論文では、 CsPbI_2Br ペロブスカイト薄膜にイミダゾリウム系イオン液体を添加、または界面パッシベーションすることにより、 CsPbI_2Br の欠陥密度が低減し、これにより電荷の再結合が抑制でき、かつ CsPbI_2Br 相も安定化できたと結論づけている。鉛フリーペロブスカイト太陽電池である AgBiI_4 太陽電池の性能向上指針を提案し今後の課題を明確にしている。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、論文審査委員からペロブスカイト太陽電池の作製方法、イオン液体の効果、およびデバイスの性能が改善された主な理由、今後の研究展開などについて質問がなされ、いずれも著者から明確な回答が得られた。

また、公聴会においても多数の出席者があり種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。